

ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 556.314:662.276(476)

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ЗАСОЛОНЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

**В. Д. ПОРОШИН¹, И. В. КАЧУРА², С. В. КОЗЫРЕВА¹,
С. Л. ПОРОШИНА¹, В. А. СЕМЕНОВА¹**

¹Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь

²Белорусский научно-исследовательский и проектный
институт нефти и газа РУП «Производственное
объединение «Белоруснефть»

Ключевые слова: нефтяное месторождение, петрофизическая модель, промысловая геофизика, засоленный коллектор, галит, добывающая скважина, геофизические методы, Припятский прогиб.

Введение

Для подсолевых, межсолевых и внутрисолевых отложений Припятского прогиба характерно присутствие галита в поровом пространстве. Заполнение пор и вторичных пустот солью может быть как полное, так и частичное, что резко снижает фильтрационно-емкостные свойства пород. При взаимодействии с закачиваемыми в нефтяные залежи водами фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) таких пород претерпевают существенные изменения за счет растворения галита. Это необходимо учитывать при освоении скважин, а также при подсчете запасов углеводорода (УВ), контроле, моделировании и регулировании разработки месторождений нефти и газа. Для учета таких изменений прежде всего необходимы детальные сведения по локализации и степени засоления продуктивных коллекторов в пределах нефтегазоносных пластов и горизонтов. По месторождениям Беларуси такие сведения практически отсутствуют. Это не позволяет адекватно отразить активность проявления процесса рассоления коллекторов в различных участках разрабатываемых объектов. Последнее указывает на необходимость выделения в продуктивных горизонтах зон и участков распространения пород, пустотное пространство которых частично или полностью занято вторичным галитом. Получить полную картину локализации засоленных пород в продуктивных горизонтах путем изучения отобранного керна невозможно. Связано это с тем, что керн обычно отбирался в небольшом количестве пробуренных на месторождениях скважин и то не по всему продуктивному разрезу, к тому же вынос керна при бурении скважин обычно не полный. Геофизических работ по изучению засоления продуктивных пород Припятского прогиба до настоящего времени не проводилось. В этой связи перед специалистами в области промысловой и полевой геофизики Республики Беларусь ставится задача выделения в продуктивных горизонтах засоленных пород для изучения их распространения как по разрезу, так и площади нефтяных месторождений [1].

Целью данной работы является подготовка предложений по построению петрофизических моделей и адаптации существующих или разработке новых методик ло-

кализации засоленных пород-коллекторов нефтяных месторождений Припятского прогиба геофизическими методами.

Наиболее полная информация по вопросу изучения засоленных коллекторов лабораторными и геофизическими методами имеется в Российской Федерации по залежам нефти и газа юга Сибирской платформы. Ниже мы рассмотрим анализ основных результатов изучения здесь засоленных коллекторов лабораторными и геофизическими методами.

Состояние и проблемы применения геофизических исследований для выделения засоленных коллекторов в Российской Федерации. На территории Российской Федерации засоленные породы-коллекторы широкое распространение получили в подсолевых и межсолевых отложениях венда и нижнего кембрия Ленo-Тунгусской нефтегазоносной провинции. По концентрации углеводородов этот регион занимает второе место в Российской Федерации после Западно-Сибирского. Начальные этапы активного проведения геологоразведочных работ и открытия месторождений УВ в регионе связаны с шестидесятыми – восьмидесятыми годами прошлого столетия, но к настоящему времени степень освоенности его ресурсов нефти и газа еще невелика. На первой и в меньшей степени второй стадии разработки находятся несколько крупных и средних по запасам месторождений. Вместе с этим активно проводятся поисково-разведочные работы на нефть и газ, открываются все новые и новые залежи и месторождения, в том числе крупные [1]. На этой сырьевой базе оперативно формируется новый крупный центр добычи нефти и газа в Российской Федерации.

В последние годы с многочисленными проблемами, связанными с разведкой и разработкой залежей УВ в засоленных коллекторах Восточной Сибири, столкнулись специалисты ряда российских нефтегазовых компаний. Переход к активной фазе освоения открытых здесь месторождений обнажил целый ряд проблем в добыче нефти, проектировании, моделировании и регулировании разработки залежей УВ в осложненных засолением коллекторах.

Ведущими нефтегазовыми компаниями Российской Федерации, с привлечением специалистов научных, учебных и производственных центров, успешно ведутся работы по выделению и прогнозированию зон развития засоленных коллекторов с помощью лабораторных, промыслово-геофизических, скважинных и полевых сейсмических методов исследования.

В целях создания наиболее достоверных петрофизических моделей проводятся лабораторные работы по выяснению особенностей изменения фильтрационных емкостных свойств в процессе рассоления образцов керна [2], [3]. Результаты этих исследований свидетельствуют о существенном увеличении емкостных (в разы) и фильтрационных (на 1–3 порядка) свойств пород в процессе их рассоления, а также о завышении имевшихся данных по пористости засоленных пород, определенных по геофизическому исследованию скважин (ГИС) [4]. Впервые установлено, что граничные значения пористости незасоленных коллекторов кратно превышают таковые значения засоленных, что объясняется особенностями заполнения солью порового пространства: при засолении тупиковых и боковых пор, где фильтрации флюида не происходит, либо она замедляется, остаются каналы активной фильтрации [5].

Массовые лабораторные исследования керна продуктивных терригенных и карбонатных пластов способствовали созданию петрофизических моделей засоленных и незасоленных участков в пределах исследуемых территорий. Проведенные исследования послужили основой для разработки ряда методов промыслово-геофизических и сейсмических исследований по выделению и прогнозированию зон и интервалов засоления.

Использование этих методов способствовало установлению определенных закономерностей локализации галита в поровом пространстве, позволило построить схе-

мы и карты распространения засоленных коллекторов по основным продуктивным горизонтам для Верхнечонского, Чаяндынского, Ярактинского и ряда других крупных месторождений УВ. С учетом новых данных по исследованию керна, промыслово-геофизической и сейсмической информации проведено районирование территории отдельных залежей и месторождений по степени засоления продуктивных горизонтов, уточнены граничные значения коэффициентов пористости и проницаемости, оценены эффективные нефтенасыщенные толщины [5]–[7].

Учет накопившихся сведений о степени засоления терригенных и карбонатных пород способствовал установлению более тесных связей между их пористостью и проницаемостью по отдельным нефтегазоносным горизонтам и литолого-фациальным разностям. Для целого ряда месторождений построены зависимости, отражающие изменение проницаемости коллекторов с ростом их пористости и увеличением объемов вымытого галита в процессе их рассоления.

Полученные результаты и уточненные на их основе геологические модели используются российскими нефтяниками для создания гидродинамических моделей залежей, которые более адекватно отражают происходящие в продуктивных пластах процессы перемещения пластовых флюидов к забоям добывающих скважин. Такие модели позволяют обосновать мероприятия по повышению степени извлечения УВ из залежей, а также более надежно прогнозировать технологические показатели дальнейшей разработки нефтяных и газовых месторождений.

Краткий анализ результатов проводимых работ по изучению коллекторов юга Сибирской платформы свидетельствует о том, что в настоящее время практически все нефтяные и газовые компании, ведущие работы в данном регионе, производят определение ФЕС продуктивных горизонтов, с использованием методов ГИС, обеспечивающих выделение засоленных интервалов разреза и определения степени засоления пород. Применяющиеся при этом методы ГИС, способы обработки и интерпретации первичных данных заметно различаются для разных залежей и месторождений. Тем не менее реализованные подходы позволяют получать все более достоверную информацию по фильтрационно-емкостным свойствам продуктивных горизонтов. Складывающееся состояние дел во многом объясняется постоянной детальной проработкой и корректировкой петрофизических моделей продуктивных объектов, с обязательным учетом характера распространения засоленных пород-коллекторов и особенностей заполнения галитом пустотного пространства. Последние опираются на массовые данные лабораторных исследований фильтрационно-емкостных и других петрофизических свойств, не отмытых от соли и отмытых образцов керна, а также уточнения характера изменения этих свойств в зависимости от степени засоленности образцов.

Следует отметить, что по вопросам целесообразности и эффективности применения полевых геофизических (в том числе сейсмических) методов изучения засоленных коллекторов у российских специалистов определенного мнения не сложилось. Последнее отмечается, несмотря на наличие весьма обстоятельных теоретических наработок по данному направлению исследований и отдельных примеров удачного их применения на практике.

Состояние изученности засоленных коллекторов Припятского прогиба с позиции создания адекватных петрофизических моделей и возможности их изучения методами ГИС. Для большинства нефтяных месторождений нашей республики характерно неравномерное засоление пустотного пространства пород продуктивной части разреза, что осложняет задачу выделения коллекторов и определения подсчетных параметров по данным ГИС, снижает достоверность выдаваемых заключений. Засоление приводит к незакономерному снижению пористо-

сти и проницаемости коллекторов, увеличивая разброс точек на петрофизических зависимостях.

Для учета этой особенности нужно прежде всего обосновать петрофизическую модель засоленного коллектора и граничные значения коллекторских свойств пород с различной степенью засоления. Для построения таких моделей необходимо использовать данные лабораторных исследований керна и геофизических исследований скважин. На сегодняшний день петрофизические свойства пород нефтяных месторождений Беларуси, связанные с их засолением, практически не изучены, в первую очередь в связи с ограниченностью лабораторных данных.

Сведения о наличии засоленных пород в подсолевых, межсолевых и внутрисолевых отложениях Припятского прогиба известны с начальных этапов освоения региона. Первые сведения об этом опубликованы Р. С. Сахибгареевым и В. А. Тюменцевым [8], [9]. В последующие годы наиболее полно вопросы засоления коллекторов рассмотрены в работах А. А. Махнача [10]. Гидрохимические исследования, проводимые одним из авторов данной статьи, начиная с девяностых годов прошлого века, позволили установить масштабы засоления продуктивных пород в пределах разрабатываемых залежей нефти, а также оценить объемы растворенных в продуктивных пластах галитовых выделений, вынесенных попутно добываемыми с нефтью водами как по отдельным скважинам, так и по залежам в целом [11]. Однако до недавнего времени более обстоятельно засоленные коллекторы практически не изучались. И только в последние годы были проведены исследования по оценке степени засоления десяти образцов продуктивных пород Геологического месторождения [12], подобные работы ведутся в настоящее время по Северо-Домановичскому месторождению. Результаты первых потоковых экспериментов по рассолению четырех керновых моделей Ново-Березинского месторождения опубликованы в 2018 г. [13].

Все рассмотренные выше данные по изучению засоленных пород Припятского прогиба немногочисленны и разбросаны по отдельным объектам. Наиболее полная картина засоления пород была получена в результате обработки лабораторных данных сотрудниками БелНИГРИ по Березинскому нефтяному месторождению в конце семидесятых – начале восьмидесятых годов прошлого столетия [9]. Для этого были привлечены десятки лабораторных данных, отражающих изменение коэффициента засоления пород по разрезу межсолевых отложений в каждой скважине. Эти исследования позволили установить некоторые закономерности в локализации засоленных коллекторов в пределах месторождения.

Было показано, что в скважине 17, расположенной в непосредственной близости (115–200 м) от регионального разлома, коэффициент засоления (K_3^*) составляет 60–96 %, а в удаленной (600–650 м) от дизъюнктивного нарушения скважины 11 он уменьшается до 20–55 %.

Повышенные значения K_3 приурочены также к рассолодержащим породам, находящимся на границе водонефтяного контакта (ВНК). К примеру, выше ВНК засоление относительно невелико (15–23 % в скважине 11), а несколько ниже ВНК K_3 резко возрастает до 80 %. При дальнейшем удалении от ВНК (80–150 м) коэффициент заполнения галитом снижается до 45–60 % (рис. 1).

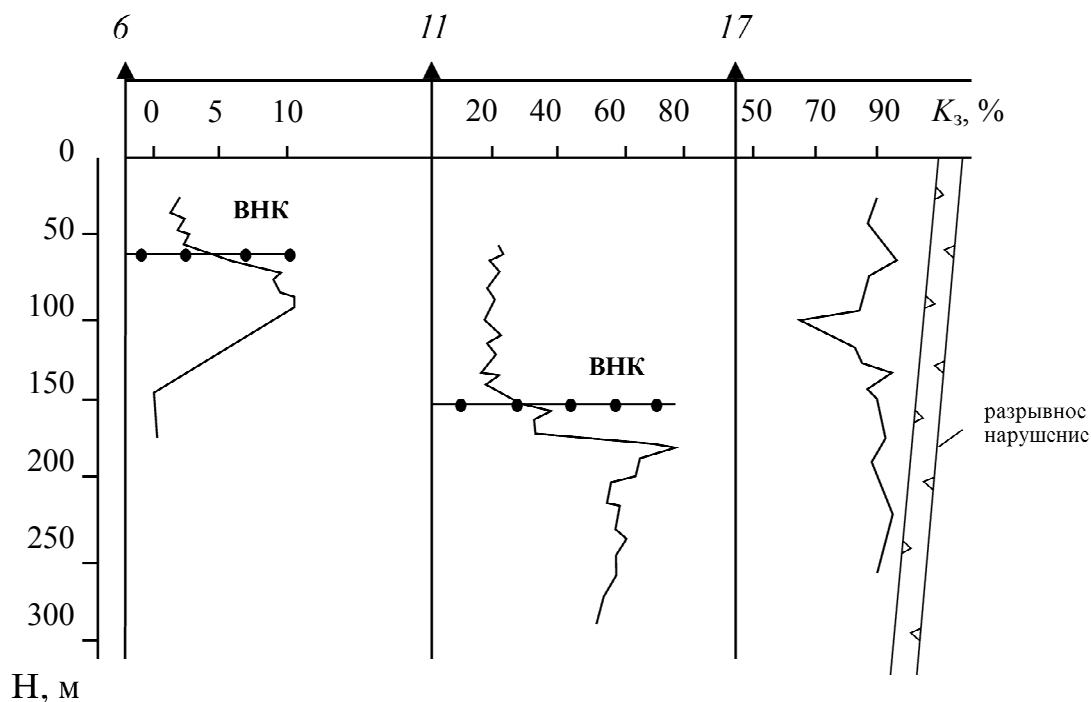


Рис. 1. Березинское нефтяное месторождение. Изменение коэффициента засоления межсоловых пород-коллекторов по линии скважин 6, 11 и 17 (по [9] с сокращениями). Кровля межсоловых отложений принята за нулевую поверхность

Наличие таких материалов по другим объектам, где выполнен наиболее полный комплекс промысловых геофизических исследований скважин, могло бы стать хорошей основой для подготовки петрофизической модели, а также разработки методов, позволяющих выделять засоленные породы по ГИС и оценивать степень заполнения порового пространства вторичным галитом и ФЕС продуктивных отложений. К сожалению, аналогичных работ по другим месторождениям Припятского прогиба до настоящего времени не проводилось.

Следующим этапом по разработке петрофизической модели при наличии подобных данных могло стать построение зависимостей пористости пород от коэффициента засоления, а также взаимосвязи пористости и проницаемости для различных литотипов пород и пород с разной степенью засоления.

Примерами таких зависимостей могут служить графики, приводимые российскими исследователями по месторождениям Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (рис. 2–4).

Еще раз отметим, что лабораторных данных по исследованию керна месторождений Припятского прогиба для построения подобных зависимостей в настоящее время нет. Это в существенной мере усложняет как проведение работ по построению петрофизических моделей изучаемых объектов, так и апробацию (адаптацию) разработанных в Российской Федерации промыслово-геофизических методов изучения засоленных коллекторов на наших объектах.

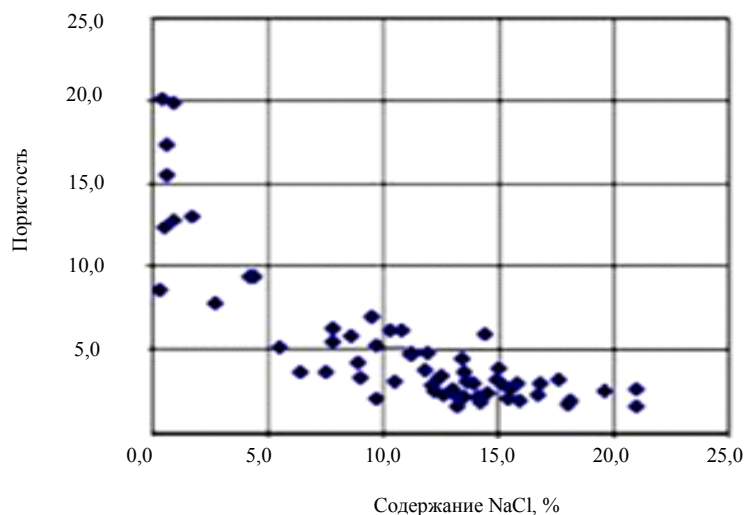


Рис. 2. Зависимость пористости верхнего пласта ВЧ1 песчаников верхнечонского горизонта от содержания в них галита (NaCl, %) [2]

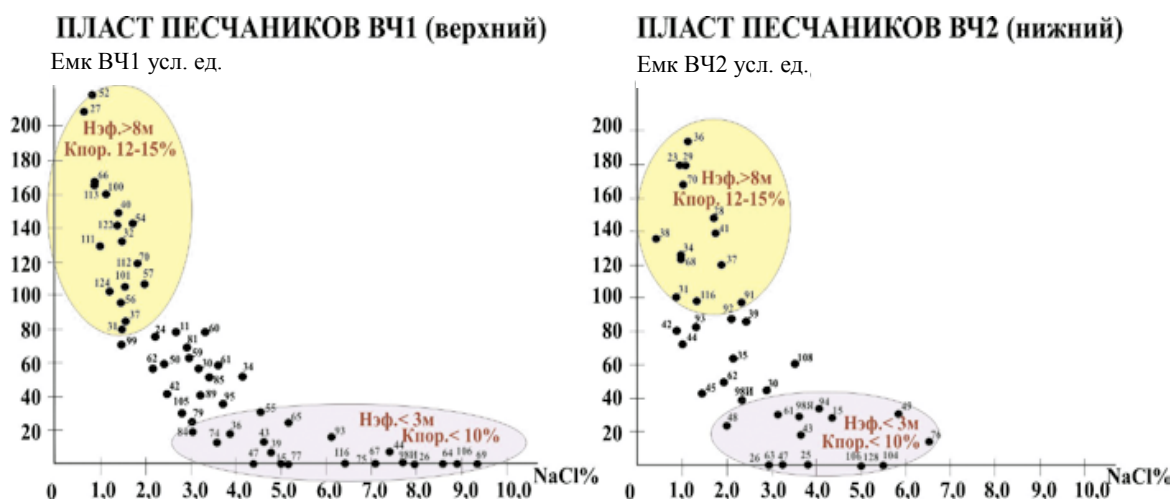


Рис. 3. Зависимость порового объема (удельной емкости) песчаников верхнечонского горизонта от засоления [14]

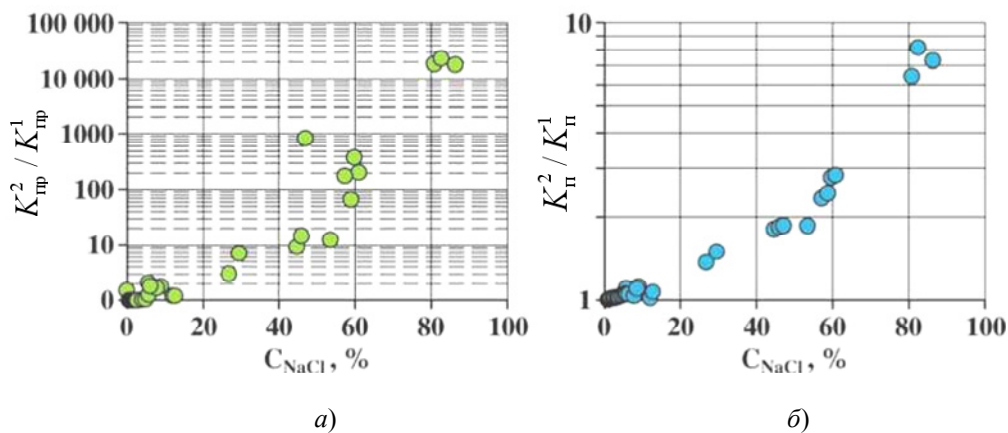


Рис. 4. Зависимость изменения абсолютной проницаемости (а) и открытой пористости (б) от содержания соли в поровом пространстве [15], где $K_{пр}^1$, $K_{пр}^2$, $K_{п}^1$, $K_{п}^2$ – соответственно коэффициенты проницаемости и открытой пористости до и после отмыва соли из образцов

Предлагаемые подходы к апробации существующих геофизических методов выделения засоленных коллекторов применительно к условиям нефтяных месторождений Беларуси. Массовое исследование петрофизических характеристик засоленного керна (до и после его рассоления) ряда нефтяных и газовых месторождений Лено-Тунгусской НГП способствовало созданию адресных петрофизических моделей. Это позволило российским нефтегазовым компаниям с помощью внутренних и внешних экспертов предложить ряд промыслово-геофизических методов по изучению засоленных коллекторов. Предложенные подходы заметно различаются как по набору используемых методов ГИС, так и по способам интерпретации первичных материалов. Детальный анализ, обобщение теоретических разработок и опыта интерпретации лабораторных и промыслово-геофизических данных для выделения и оценки качества засоленных коллекторов Восточной Сибири в комплексе с накопленными авторами знаниями о строении продуктивных коллекторов Припятского прогиба позволяют рассмотреть возможные подходы к апробации или адаптации разработанных в Российской Федерации методов интерпретации данных ГИС применительно к условиям нефтяных месторождений Беларуси.

Кратко остановимся на некоторых из них в связи с тем, что именно их мы предлагаем апробировать в нашем регионе.

Принципиальная возможность выявления засоления пород в разрезе Сибирской платформы по данным радиоактивного каротажа (в том числе ННКТ) отмечалась Ф. Ц. Денисюком и другими исследователями еще в начале шестидесятых годов прошлого столетия. Для этой цели предлагался способ сопоставления фиктивных значений пористости, рассчитанных по материалам различных методов. В 1984 г. А. В. Синьков и Г. Г. Яценко (ВНИИГИК) поделились опытом выделения соледержащих пород в карбонатном разрезе Даниловского месторождения, основанном на сопоставлении показаний НГК и ННКТ [16]. Немногим более чем через десятилетие В. А. Ващенко и М. М. Мандельбаум (ГГП «Иркутскгеофизика») констатируют, что выделение засоленных интервалов пород производится по данным ННКТ НГК, АК и ГГКП, влияние галита на показания которых различно по величине и знаку [17].

Более интенсивно и обстоятельно методы изучения засоленных пород начинают рассматриваться с конца первого десятилетия XXI в. в связи с новой фазой активизации геологоразведочных работ в регионе и вводом в промышленную эксплуатацию ряда крупных месторождений УВ. При этом подходы к интерпретации материалов становятся более обстоятельными, а достоверность выдаваемых при этом заключений подтверждается путем сопоставления определяемых параметров как с результатами исследования керна, так и результатами испытания скважин.

Заметный вклад в решение рассматриваемой проблемы внес профессорско-преподавательский состав РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. Так, Г. М. Золоевой с соавторами активно разрабатываются способы изучения засоленных коллекторов стандартными методами ГИС [15]. Связано это с тем, что большинство ранее пробуренных скважин охарактеризованы ограниченным количеством методов промыслово-геофизических исследований. В качестве примера приведем ниже ряд па-
леток, которые следует апробировать на белорусском материале (рис. 5).

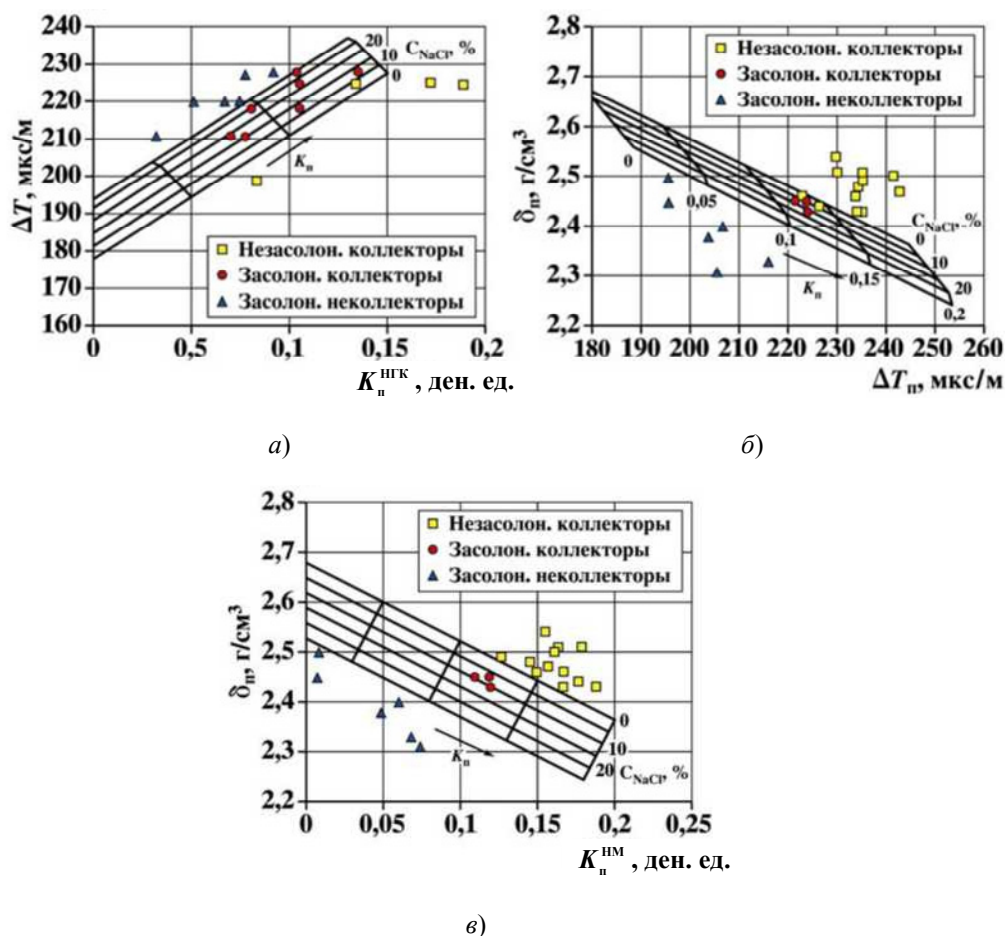


Рис. 5. Примеры палеток для комплексов АК + НГМ; ГГМ-П + АК; НГМ + ГГМ-П:
 а – $\Delta T_n = f(K_n^{\text{НГМ}}, C_{\text{NaCl}})$; б – $\delta_n = f(K_n^{\text{НГМ}}, C_{\text{NaCl}})$; в – $\delta_n = f(\Delta T_n, C_{\text{NaCl}})$ [15]

При наличии представительного зерна выделение засоленных интервалов в разрезе скважины этими исследователями предлагается производить также путем сопоставления результатов определения пористости по керну и НГМ. Присутствие хлора в породах приводит к увеличению показаний НГМ, соответственно, к снижению определяемой величины $K_{\text{пНГМ}}$. При сопоставлении кривых пористости по данным представительного зерна и НГМ в интервалах с отсутствием галитового цемента должно наблюдаться совпадение сравниваемых величин, в засоленных интервалах – расхождение ($K_{\text{пНГМ}} < K_{\text{п.кern}}$). Для использования данного подхода к интерпретации кривых НГК необходимы массовые лабораторные данные по содержанию галита в пустотном пространстве изучаемых пород. К сожалению, по белорусским разрезам таких материалов нет, за исключением, пожалуй, Березинского месторождения (рис. 1), что позволяет рекомендовать данный объект в качестве первоочередного для апробации вышеизложенного метода изучения засоленных коллекторов по материалам лабораторных исследований и ГИС.

А. В. Городновым и В. Н. Черноглазовым [18] разработана методика оценки степени засоления коллекторов и определение их емкостных свойств по комплексу акустического и нейтронного методов. В результате проведенных исследований ими была построена серия палеток для определения содержания соли в гидрофильных и гидрофобных породах по данным нейтронного и акустического методов. Пример одной из них представлен на рис. 6. Цветом здесь закрашены области равного содержания галита.

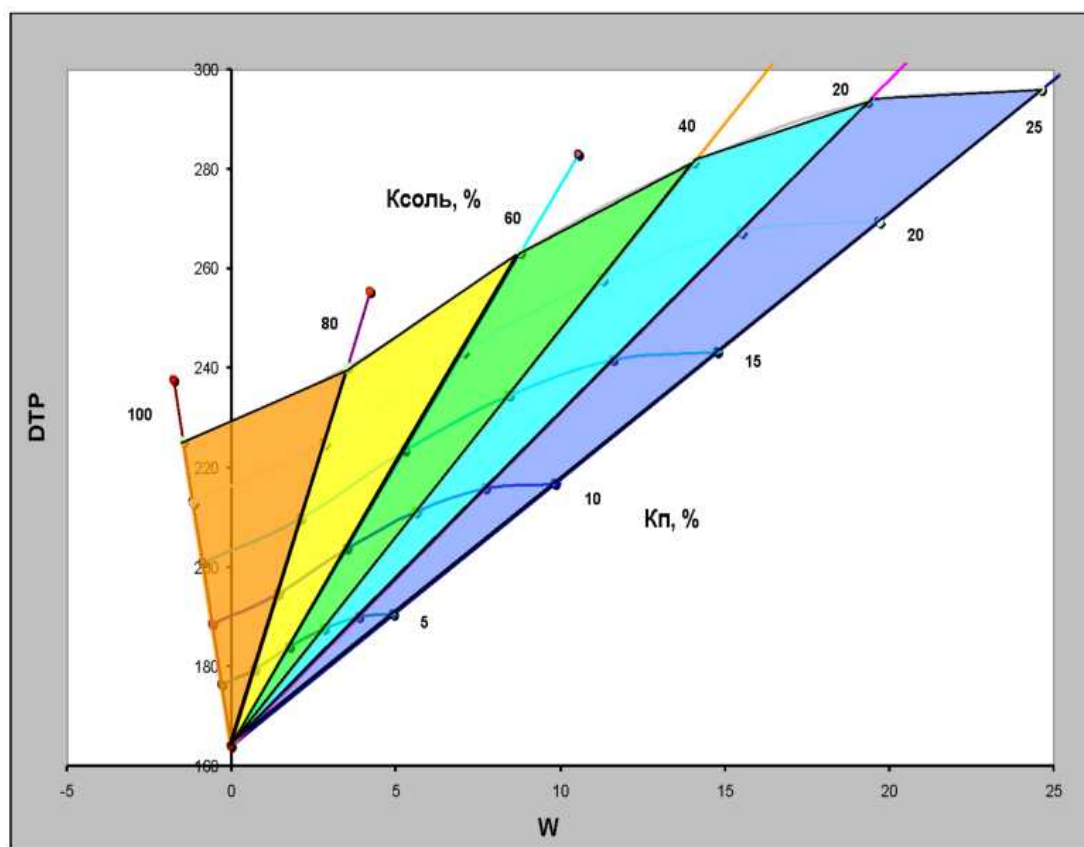


Рис. 6. Палетка для определения содержания соли

При подсчете запасов нефти Вернечонского месторождения специалисты ООО «ТННЦ» широко использовали разработки РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. При этом показано, что комплексирование методов ГГКп – НК и АК – НК позволяет одновременно учесть степень засоленности и определить коэффициент пористости пород верхечонского горизонта. Сходимость коэффициентов пористости, определенных по керну, ЯМК, ГГК – НК и АК – НК, по утверждению этих специалистов, хорошая, что подтверждает надежность разработанных алгоритмов.

Как представляется авторам статьи, все вышеприведенные палетки следует апробировать с целью выбора наиболее рациональных подходов к изучению засоленных коллекторов Припятского прогиба.

Исследования специалистов ОАО «ЦГЭ» позволили оценить особенности интерпретации данных ГИС в засоленных типах разрезов [19]. Для выделения коллекторов и литотипов пород в районах развития засоленных отложений этими специалистами рекомендуется строить своеобразные графики сопоставления ГИС – ГИС и керн – ГИС (рис. 7).

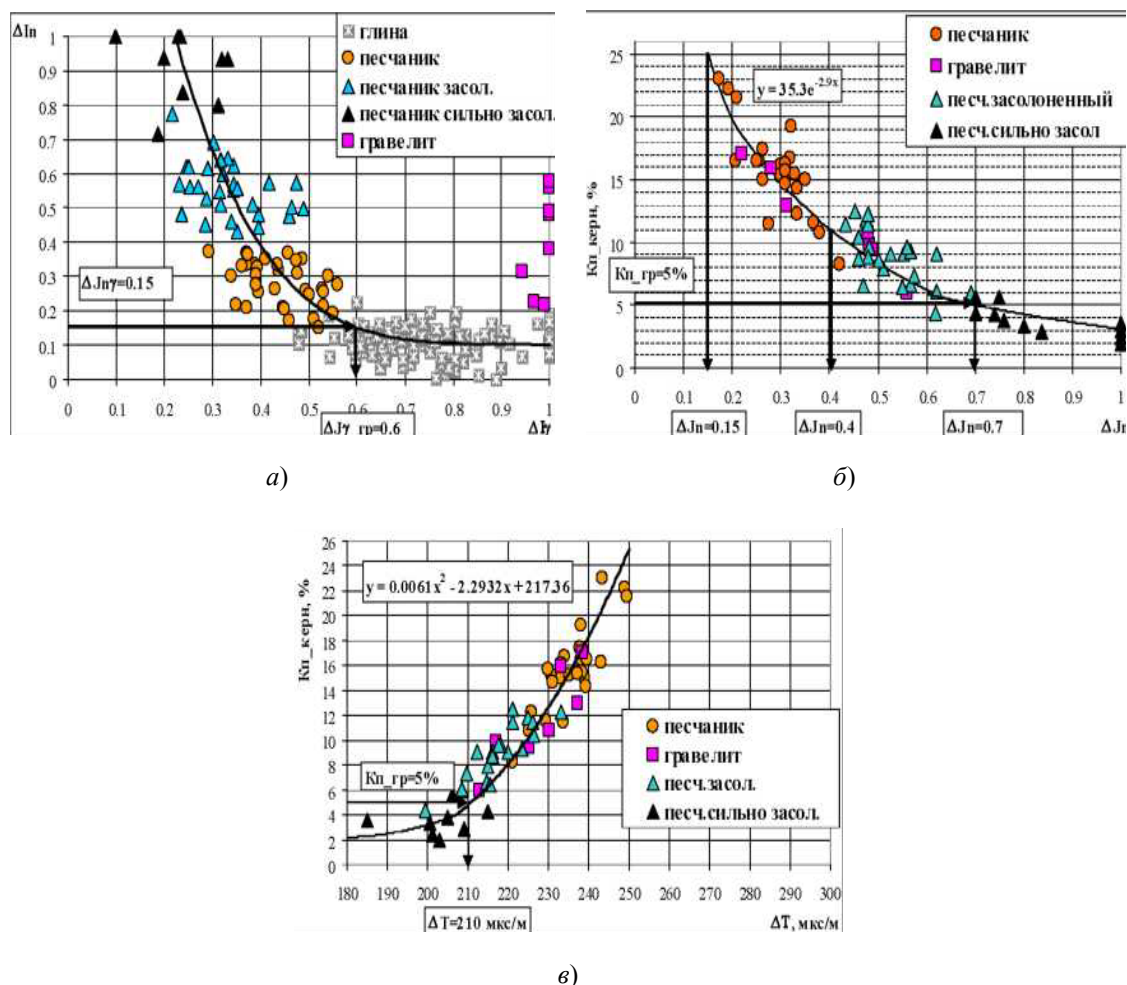


Рис. 7. Сопоставления ГИС – ГИС и керн – ГИС для установления граничных значений параметров для выделения коллекторов и литотипов:
а – $\Delta J_n, \gamma \sim \Delta J_\gamma$; б – $K_{п.к.к.} \sim J_n$; в – $K_{п.к.к.} \sim \Delta T$ [19]

Коллективом сотрудников ООО «ГазпромВНИИГАЗ» и ООО «ЦНИП ГИС» на основе большого объема лабораторных исследований по данным типа «кern – kern» и «кern – геофизические исследования скважин» построены зависимости для определения по ГИС расчетных геологических параметров (коэффициентов пористости и нефтегазонасыщенности) и оценены коэффициенты проницаемости пород. Впервые при подсчете запасов на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении коэффициент пористости оценивался по акустическому импедансу, определяемому как произведение скорости распространения продольной волны по породе на объемную плотность этой породы. Кроме того, с учетом новых данных керна и информации о степени засоленности пород проведено районирование территории и уточнены граничные значения коэффициентов пористости и проницаемости продуктивных горизонтов данного месторождения для зон распространения коллекторов с различной степенью заполнения пустот вторичным галитом. Определение пористости пород ботубинского, хамакинского и талахского продуктивных горизонтов реализовано по данным акустического (АК) и гамма-гамма-плотностного (ГГКП) каротажа с использованием зависимостей типа «кern – kern» и «кern – ГИС» [5]. Подобный подход рекомендуется апробировать и на месторождениях Припятского прогиба.

Несколько иной подход к изучению засоленных коллекторов Восточно-Сибирских месторождений сложился в последние годы у специалистов ООО «Неф-

тегазгеофизика» [20]. В силу аномально высокого сечения захвата тепловых нейтронов в галите и линейности измеряемого сечения захвата относительно объемного содержания галита для оценки засоления породы на месторождениях Восточной Сибири было предложено использование импульсного нейтронного каротажа в модификации 2ИНГК. Утверждается, что комплекс методов (2ННК – НТ + 2ИНГК) обеспечивает определение содержания галита в породе с погрешностью не выше 0,7–1,0 %. Включение в комплекс аппаратуры литоплотностного каротажа позволит снизить указанную выше погрешность примерно в 1,5 раза.

С. Г. Крекнин с соавторами делятся опытом выделения продуктивных интервалов в засоленных коллекторах Чаяндинского месторождения по результатам исследования LITHO SCANNER [7]. Показано, что применение импульсного нейтронного гамма-спектрометрического каротажа (ИНГК – С) позволяет достаточно надежно определять концентрацию соли в поровом пространстве. Использование этого метода в комплексе со стандартным и ядерно-магнитным каротажом способствует повышению достоверности определения пористости и проницаемости засоленных коллекторов.

В связи с этим целесообразно включение метода ИНГК-С в детальный комплекс ГИС по скважинам Припятского прогиба для определения интервалов засоления и оценки степени засоленности пород.

Заключение

Продуктивные и перспективные на нефть горизонты Припятского прогиба характеризуются широким распространением засоленных коллекторов. Наиболее эффективными методами их изучения являются геофизические методы. Однако геофизических работ по изучению засоления продуктивных пород Припятского прогиба до настоящего времени не проводилось. В этой связи перед специалистами в области промысловой и полевой геофизики Республики Беларусь ставится задача выделения в продуктивных горизонтах засоленных пород для изучения их распространения как по разрезу, так и площади нефтяных месторождений.

Детальный анализ результатов изучения засоленных коллекторов в нефтегазовых комплексах Припятского прогиба, обобщение теоретических разработок и накопленного опыта использования лабораторных и промыслово-геофизических данных для выделения и оценки качества засоленных коллекторов в Восточной Сибири позволили авторам обосновать подходы к разработке новых, апробации или адаптации разработанных в Российской Федерации методик интерпретации данных ГИС применительно к условиям нефтяных месторождений Беларуси. Внедрение таких методик будет способствовать повышению эффективности освоения нефтегазовых ресурсов нашей республики.

Литература

1. К проблеме разработки залежей нефти в засоленных коллекторах (на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба и Сибирской платформы) / П. П. Повжик [и др.] // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 3–14.
2. Турицин, К. С. Статьи по петрофизике / К. С. Турицин. – Иркутск : Папирус, 2016. – 116 с.
3. Гринченко, В. А. Лабораторное исследование процесса рассоления при заводнении засоленных терригенных коллекторов Верхнечонского месторождения / В. А. Гринченко, И. А. Виноградов, А. А. Загоровский // Нефтяное хоз-во. – 2013. – № 4. – С. 100–103.

4. Теленков, В. М. Возможности методов ГИС при исследовании засоленных коллекторов / В. М. Теленков, Н. В. Козар, А. Н. Волнухин // Каротажник. – 2016. – Вып. 9, № 267. – С. 55–63.
5. Решение научных проблем при подсчете запасов углеводородов Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения / Е. Е. Поляков [и др.] // Вести газовой науки. – 2017. – № 3 (31). – С. 172–186.
6. Теория и практика разработки сложнопостроенных коллекторов Восточной Сибири на примере Верхнечонского месторождения / А. Чиргун [и др.] // Докл. SPE-189301 – RU. – 2017. – 42 с.
7. Выделение продуктивных интервалов в засоленных коллекторах Чаяндинского месторождения по результатам исследования LITHO SCANNER / С. Г. Крекнин [и др.] // Каротажник. – 2017. – № 12 (282). – С. 30–41.
8. Сахибгареев, Р. С. Геохимические особенности выпадения галита на контакте нефть–вода на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба / Р. С. Сахибгареев // ДАН СССР. – 1974. – Т. 219, № 3. – С. 721–722.
9. Тюменцев, В. Л. Особенности засоления межсолевых отложений Березинской площади / В. Л. Тюменцев, А. И. Коротаев // ДАН БССР. – 1980. – Т. XXIV, № 9. – С. 480–483.
10. Махнач, А. А. Катагенез и подземные воды / А. А. Махнач. – Минск : Наука и техника, 1989. – 335 с.
11. Порошин, В. Д. Взаимодействие в системе порода–вода при разработке залежей нефти в подсолевых и межсолевых отложениях (на примере Припятского прогиба) / В. Д. Порошин, В. П. Хайнак // Литология и полез. ископаемые. – 2000. – № 5. – С. 544–553.
12. Об одной типовой проблеме разведки и разработки залежей нефти в соленосных бассейнах (на примере Геологического месторождения Беларуси) / В. Г. Жогло [и др.] // Нефть. Газ. Новации. – 2013. – № 2. – С. 23–28.
13. Исследование процессов рассоления галита в породах–коллекторах Новоберезинского нефтяного месторождения Республики Беларусь / А. А. Тишков [и др.] // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2018. – № 2. – С. 78–85.
14. Барышев, Л. А. Петрофизические модели терригенных коллекторов на Непском своде / Л. А. Барышев, В. А. Ващенко // Геофизика. – 2015. – № 4. – С. 10–15.
15. Особенности интерпретации ГИС в галитсодержащих терригенных разрезах / Г. М. Золоева [и др.] // Тр. РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. – 2011. – № 4. – С. 61–72.
16. Синьков, А. В. Опыт выделения интервалов солесодержащих пород в разрезах скважин Сибирской платформы по данным нейтронных методов / А. В. Синьков, Г. Г. Яценко // Геология нефти и газа. – 1984. – № 12. – С. 48–50.
17. Ващенко, В. А. Геофизические работы в скважинах. Сибирская платформа. Иркутская область / В. А. Ващенко, М. М. Мандельбаум // Геофизические исследования в Восточной Сибири на рубеже XXI века : сб. науч. тр. – Новосибирск : Наука. Сибир. издат. фирма РАН, 1996. – С. 85–87.
18. Городнов, А. В. Определение фильтрационно-емкостных свойств засоленных коллекторов в терригенных отложениях Непского свода Восточной Сибири /

- А. В. Городнов, Н. В. Черноглазов, О. П. Давыдова // Каротажник. – 2012. – Вып. 12. – С. 26–41.
19. Дьяконова, Т. Ф. Особенности интерпретации данных ГИС в засоленных типах разрезов на примере месторождений Восточной Сибири / Т. Ф. Дьяконова, Т. Г. Исакова // Проблемы геологии и геофизики нефтегазовых бассейнов и резервуаров : материалы конф. – Сочи, 2011. – С. 1–4.
20. Применение импульсно-нейтронного каротажа для оценки содержания галита в карбонатных отложениях / А. А. Бубеев [и др.] // Каротажник. – 2012. – Вып. 6 (216). – С. 40–45.

Получено 30.01.2020 г.